

## 論文

## 室内空間の奥行きが心拍変動周波数成分に与える影響

小林宏光 本 明子\*

## 概 要

形状の異なる空間がヒトの自律神経活動に与える影響を心拍変動を用いて計測した。空間形状は横幅 900mm で、奥行きを 900mm, 1800mm, 3600mm に変化させた。心拍変動測定は著者らの以前の研究で提案した RSA 振幅測定法に従って行った。被験者は 4 秒および 10 秒周期で呼吸し、この間の心拍変動を記録した。この際に被験者は一回換気量を一定の値に調節した。この値は 4 秒周期呼吸では被験者の肺活量の 40%, 10 秒周期呼吸では 16% に設定した。記録された心拍変動から各周期での RSA 振幅を求めた。平均心拍数は空間の奥行きにほぼ比例して増加した。HF-RSA は奥行き 3600mm で若干低下する傾向を見せたが、その差は有意とはならなかった。LF-RSA には空間奥行きの有意な影響が見られ、1800mm で最大値を示した。この結果 LF/HF-RSA は空間奥行きにほぼ比例して増大することになった。LF および HF-RSA 振幅は、著者らの以前の研究の結果から心拍変動周波数成分の LF, HF 成分と同様に交感・副交感神経活動を反映するとみなせるので、この結果は奥行きの増加に伴う交感神経系の相対的な亢進を意味するものと考えられる。

**キーワード** 空間形状, 心拍変動, 呼吸性不整脈, 自律神経

## 1. はじめに

文化人類学者の Edward T Hall は空間と人間の心理との関係について考察し、特に人間の距離感覚を密接距離, 個人距離, 社会距離, 公衆距離の 4 つに分類したことはよく知られている。Hall は著書「かくれた次元」において、「その空間の中で何が出来るかによって、その空間がどのように感じられるかが決まるのである。1, 2 歩で横切ることのできる部屋は、15 歩, 20 歩を要する部屋とは完全に異なる感じを与える。」<sup>1)</sup>と述べている。このように空間の大きさや形状が人間の心理面に影響を与えることは、Hall の言を待たずとも経験的に明らかであるが、空間の大きさ・形状が人間の生理機能に与える影響については研究例が少ない。

著者らは、以前、室内空間の奥行きがヒトの生理反応に及ぼす影響に関する実験を行った<sup>2)</sup>。室内空間の形状を横幅 900mm で、奥行きを 900mm ~ 3600mm に変化させたときに、奥行きが長くなるにつれて心拍数および拡張期血圧の上昇が観察された。この結果から、空間の広さから受ける開放感・圧迫感などがヒトの自律神経活動に影響を及ぼすことが示唆された。

しかしながら、この実験では血圧及び平均心拍数のみを分析しており、心拍を一拍ごとに記録す

る心拍変動解析は行われていないので、自律神経活動の変化に関する詳細な情報を得ることができなかった。そこで、上記論文とほぼ同様の条件で心拍変動測定を行い、空間形状が自律神経機能に与える影響をより詳細に検討した。

## 2. 方 法

被験者は 21~25 歳の男子学生 15 名を用いた。実験に用いた室内空間は横幅 900mm で、奥行きが 900, 1800, 3600 の 3 種類を用いた。これらの空間は、横幅 900mm, 高さ 2400mm の白色プラスチックボードを組み合わせることで構成された。被験者ごとに室内空間条件の測定される順序をランダムにした。

室温は 25℃, 相対湿度は 50% とした。また照明は色温度 5000K の 3 波長型昼白色蛍光灯を用い、700mm の高さでの水平面照度を 500lx に設定した。これらの実験条件の設定は本ら<sup>2)</sup>とほぼ同様である。

被験者は各条件に設定された空間で 20 分間座位安静をとり、入室後 10 分と 20 分に RSA 振幅測定が行われた。本ら<sup>2)</sup>の実験では、安静中の被験者の注視点を条件ごとに決めていたが、本実験では被験者に対して注視点に関する指示は特に行わなかった。

\*福岡県工業技術センターインテリア研究所

心拍変動測定は、著者らが以前の研究<sup>3,4,5)</sup>で提案した RSA 振幅測定法に準じて行った。この方法の特徴は、測定中に呼吸リズムだけではなく一回換気量もあわせて厳密に統制すること、また低周波変動成分(LF)の推定を自発的な低周波変動(MWSA)ではなく強制的に低周波呼吸させたときの RSA 振幅から推定するという 2 点である。従

来の心拍変動測定、つまり心拍時系列を周波数分析することにより LF, HF 成分を抽出する方法と比較して、この方法ではより安定性の高い計測が可能となる<sup>4)</sup>。

今回用いた方法で以前の研究<sup>3,4,5)</sup>と異なる点は、一回換気量の設定を各被験者の肺活量に対する相対値にしたことである。著者らによる RSA 振幅と一回換気量との相関関係に関する研究<sup>5)</sup>で、一回換気量の絶対値を一定にするよりも各被験者の肺活量に対する相対値を用いた方が、RSA 振幅の被験者間の個人差が減少する傾向が見られた。本実験では、この知見に基づき一回換気量を 0.1Hz 呼吸では各被験者の肺活量の 40%、0.25Hz 呼吸では 16%の値に設定した。被験者の肺活量は熱線式呼吸流量計で測定され、その値は 2400ml～4600ml に分布した(平均 3771ml)。この結果 0.1Hz 呼吸での一回換気量は平均 1508ml、0.25Hz では平均 603ml となった。

また、すべての条件での測定が終了した後、被験者に「どの条件が最も快適だったか?」について主観評価を行わせた。

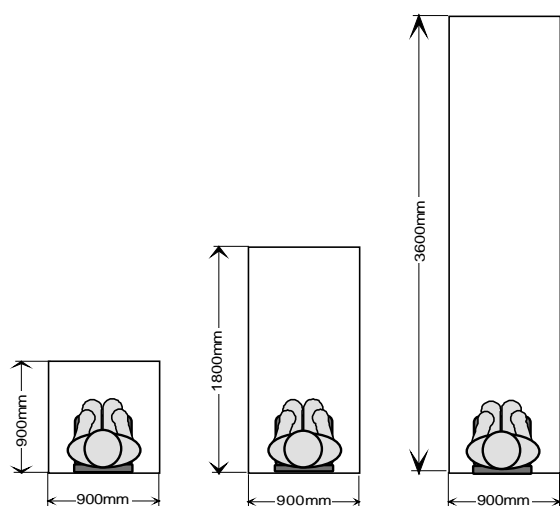
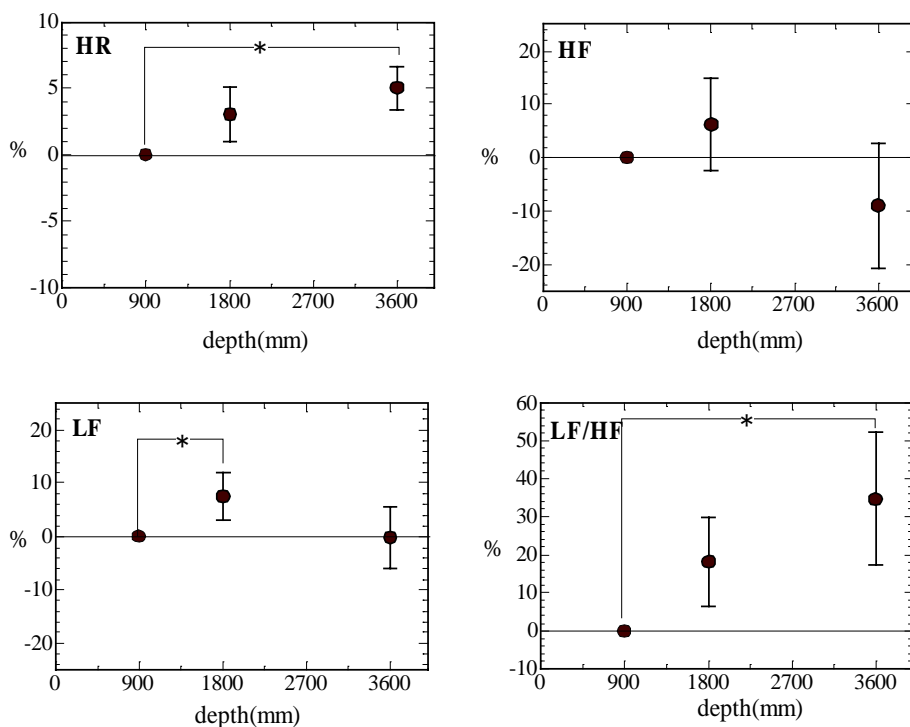


図-1 実験に用いた空間の形状  
(壁の高さは 2400mm)



\* $p < 0.05$  mean  $\pm$  SE (n=15)

図 2 空間条件による各測定値の変化

### 3. 結 果

主観調査では、空間条件が快適と思われた順に 3 つの条件について順序をつけさせたが、最も快適だった条件として 1800mm 条件を選んだ被験者が 10 名、3600mm 条件を選んだものが 5 名、900mm 条件を選んだものは 0 名であった。最も不快だった条件としては、13 名が 900mm 条件を選び、1800mm、3600mm 条件を選んだものが各 1 名であった。

心拍に対する空間の奥行きの影響は、入室 10 分後の測定値において見られ、20 分後の測定値では全体的に空間条件の影響は弱くなった。これは空間形状のヒトに与える影響が比較的短い時間で現れるが、時間経過によって空間形状に対する違和感が薄れてくることを反映していると思われる。以降、結果として入室 10 分後の測定値を用いる。

図 2 に各条件での心拍数および心拍変動指標の変化を示す。図は 900mm 条件を 100%としたときの相対値である。統計的検討は Steel のノンパラメトリック多重比較法を用いた。

平均心拍数に関して、本ら<sup>2)</sup>の結果では 900mm に対して 3600mm で有意に高かったと報告されている。本実験の結果でも同様の傾向が見られ、900mm 条件 (66.4bpm) よりも 3600mm (69.8bpm, +5%) が有意 ( $p<0.05$ ) に心拍数が高かった。

HF 振幅は、900mm(4.4bpm)と比較して 3600mm 条件で低い値(4.0bpm, 91%)を示した。しかし、この傾向は統計的有意とはならなかった。LF 振幅に関しては、1800mm 条件が他と比較して大きな値を示した。900mm (17.2bpm) と 1800mm(17.9bpm, +8%)の差は統計的有意となった( $p<0.05$ )。RSA 振幅の LF/HF に関しては、空間の奥行き増加に比例して LF/HF が大きくなる傾向を示し、900mm 条件(4.2)に対し 3600mm 条件(5.3, +35%)は有意に大きかった ( $p<0.05$ )。

### 4. 考 察

主観調査の結果から考えると、本実験の被験者は 1800mm 条件が最も快適、900mm 条件が最も不快であると評価していたといえる。しかしながら心拍変動の結果は必ずしも主観評価の結果とは一致していない。平均心拍数および LF/HF は空間の奥行きにほぼ比例して増加し、3600mm で最も高い値を示した。つまり、奥行きの長い空間では相対的に交感神経系が優位となると考えられる。これは、狭い空間による圧迫感よりも、細長い空

間の不自然さの影響が自律神経機能に対しては大きく影響した結果ではないかと考えられる。この結果と完全に一致するものではないが、主観調査の結果において 3600mm 条件よりも面積の狭い 1800mm 条件の方が好まれたことから、細長い空間の不快さが伺われる。先行研究(本ら, 1997)でも、3600mm 条件で快適感が低下する傾向が示されている。これは、空間形状が細長くなりすぎることによって、空間のパースペクティブが強くなり閉塞感が強くなることが原因ではないかと考えられる。

本実験で用いた RSA 振幅測定法は、換気量まで含めた厳密な呼吸コントロールを行うものである。この方法は、高い精度での自律神経機能の推定が期待できるものの、換気量を視覚的にフィードバックする必要があるため、測定中はコンピュータ画面を注視する必要があるため、空間形状など視覚的な情報による自律神経機能の変化を捉えるには本来不向きな測定方法である。しかしながら、本実験ではこの測定によって、視覚的な環境要因である空間形状が自律神経機能に与える影響を捉えることができた。このことから空間形状の影響は、中心視野ではなく周辺視野からの情報によるものではないかと推測される。

本らの実験では、空間の奥行きだけでなく、測定中に被験者に注視させる注視点までの距離も変化させ、これらの複合効果を調べている。この結果、注視点までの距離は心拍数、血圧、脳波などの生理指標にはほとんど影響を与えないことが示された(ただし主観調査の結果には影響がある)。この結果からも空間形状が生理機能に与える影響は、被験者がどこを見ているかということにはあまり関係がなく、周辺視野からの情報などを総合した影響ではないかと推測される。また、主観的な評価には注視点までの距離が強く影響することから、このことが自律神経機能の変化と主観調査の結果が完全には一致しないことの原因であるとも考えられる。

### 引用文献

- 1) エドワード・ホール (日高敏隆・佐藤信行訳): かくれた次元. みすず書房, 1970.
- 2) 本明子・松野直行・小林宏光: 室内空間の奥行きによる心理生理的影響の研究 脳波・心電図・血圧への影響. 日本生理人類学会誌, 2(1), 27-32, 1997.
- 3) Kobayashi, H.: Postural effect on respiratory

sinus arrhythmia with various respiratory frequencies. Applied Human Science, 15(2), 87-91, 1996

4) 小林宏光 : 30 時間断眠による呼吸性不整脈振幅の変化. 日本生理人類学会誌, 3(2), 5-10, 1998.

5) Kobayashi, H.: Normalization of respiratory sinus arrhythmia by factoring in tidal volume. Appl Hum Sci, 17(5), 207-213, 1998

(受付 : 2005 年 3 月 31 日, 受理 : 2005 年 5 月 12 日)

## Effects of Room-depth on Autonomic Activity Analyzed by Frequency Components of Heart Rate Variability.

Hiromitsu KOBAYASHI, Akiko MOTO

### Abstract

Effects of room-depth on autonomic nervous activities were examined in 12 healthy young subjects. The room-depth was varied 900 mm, 1800 mm and 3600 mm with fixed room-width of 900 mm. The height of walls was 2400 mm. Heart rate variability was measured for evaluation of the autonomic activities. The measurements were conducted according to RSA (respiratory sinus arrhythmia) amplitude method reported by the authors (Kobayashi, 1996, 1997). In the experimental room, subjects simultaneously controlled their breathing periods and tidal volume at combination of 4 sec and 16% MV (maximum ventilation), or 10 sec and 40% MV. RSA amplitudes were calculated from heart rate variability signals during the controlled respiration. Mean heart rate at 3600mm was significantly higher than at 900mm. HF-RSA (RSA amplitude of 4 sec respiration) showed a tendency of decrease at 3600 mm depth, however the effect was not statistically significant. The room-depth significantly affected on LF-RSA (RSA amplitude of 4 sec respiration), and lower amplitude was observed at 3600 mm. LF/HF ratio significantly increased with the room-depth. HF and LF amplitudes of RSA could be considered identical to conventional indexes of heart rate variability, thus the present result suggest relative activation of sympatho-vagal balance induced by the room environment.

**Keywords** room-depth, HRV, RSA, autonomic nervous system